

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-180294

(P2005-180294A)

(43) 公開日 平成17年7月7日(2005.7.7)

(51) Int. Cl. ⁷

F01N 5/02
F01N 1/00
F01N 1/02
F02G 5/02
F25B 9/00

F I

F01N 5/02
F01N 1/00
F01N 1/02
F02G 5/02
F25B 9/00

J
A
D
B
Z

テーマコード (参考)

3G004

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-421621 (P2003-421621)

(22) 出願日 平成15年12月18日 (2003.12.18)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一

(74) 代理人 100088915

弁理士 阿部 和夫

(72) 発明者 伊藤 泰志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G004 BA00 BA04 CA01 CA12 DA01

DA21 EA06

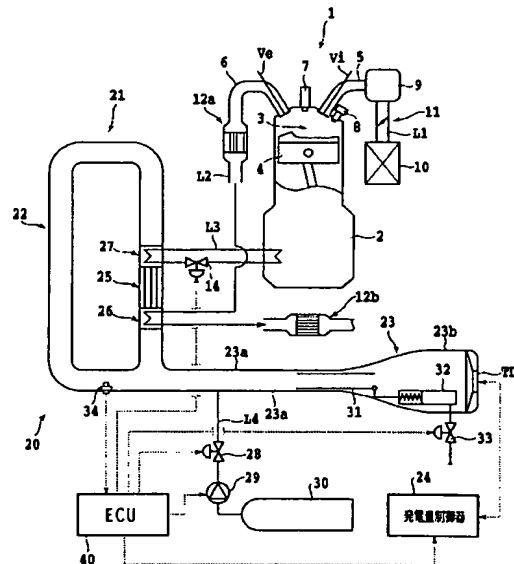
(54) 【発明の名称】 熱音響エンジン

(57) 【要約】

【課題】 静粛性や信頼性を良好に確保することができる熱音響エンジンの提供を目的とする。

【解決手段】 熱音響エンジン20は、作動流体が封入される気柱管21と、気柱管21内に配置された蓄熱器25とを有し、蓄熱器25の両端部間に温度勾配を形成して作動流体の熱音響自励振動を発生させる。熱音響エンジン20は、熱音響自励振動の圧力振幅を変化させるために、作動流体管14、開閉弁28、ポンプ29および作動流体貯留タンク30や、移動管31およびアクチュエータ32を有し、開閉弁28、ポンプ29、アクチュエータ32等は、ECU40によって圧力振幅が許容範囲内に保たれるように制御される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作動流体が封入される気柱管と、この気柱管の内部に配置された蓄熱手段とを有し、前記蓄熱手段の両端部間に温度勾配を形成して前記作動流体の熱音響自励振動を発生させる熱音響エンジンにおいて、

前記熱音響自励振動の圧力振幅を検出する圧力振幅検出手段と、

前記圧力振幅を変化させることができる圧力振幅設定手段と、

前記圧力振幅検出手段の検出値が所定の閾値を超えているか否か判定する判定手段と、

前記判定手段の判定結果に基づいて前記圧力振幅が許容範囲内に保たれるように前記圧力振幅設定手段を制御する制御手段とを備えることを特徴とする熱音響エンジン。

10

【請求項 2】

前記閾値は、前記熱音響自励振動に起因する騒音と前記気柱管の耐圧限界との少なくとも何れか一方に基づいて定められることを特徴とする請求項 1 に記載の熱音響エンジン。

【請求項 3】

前記圧力振幅設定手段は、前記作動流体の平均圧力を変化させる手段、前記熱音響自励振動の周波数を変化させる手段、前記蓄熱手段の両端部間に形成される温度勾配を変化させる手段および熱音響エンジンの負荷を変化させる手段のうちの何れか一つまたはこれらの手段を複数組み合わせたものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の熱音響エンジン。

【請求項 4】

前記蓄熱手段の一端側に配置される高温熱交換器を更に備え、この高温熱交換器は、内燃機関の排気ガスを熱源とすることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の熱音響エンジン。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気柱管内に配置された蓄熱手段の両端部間に温度勾配を形成し、気柱管内の作動流体の熱音響自励振動を発生させる熱音響エンジンに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、熱音響現象を利用した冷凍機が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。この冷凍機は、気体が封入される配管と、この配管の内部に配置されると共に高温側熱交換器と低温側熱交換器とで挟まれたスタックと、このスタックと非対称の位置に高温側熱交換器および低温側熱交換器と共に配置された蓄冷器とを備える。この冷凍機は、スタックの両端部間に温度勾配を形成することにより、スタックにて気体の自励振動を発生させ、それによって得られる定在波および進行波の伝播により蓄冷器に蓄冷するものである。

30

【0003】

また、従来から、熱音響現象を利用して内燃機関の排気熱を回収する装置も提案されている（例えば、特許文献 2 参照。）。この装置は、内燃機関の排気浄化用触媒コンバータに接続された共鳴管と、この共鳴管の一端に設けられたスタックと、共鳴管の他端に設けられたトランスデューサとを備える。この装置では、触媒コンバータから発せられる熱によりスタックの一端が加熱され、スタックの両端部間に温度勾配が付与される。これにより、スタックにて音波が発生し、音波のエネルギーはトランスデューサによって電気エネルギーに変換される。

40

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 0 1 5 7 8 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 1 2 2 0 2 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0005】

上述のように、熱音響現象を利用することにより、圧縮機やフロン等を用いることなく冷熱を得たり、内燃機関の排気熱（廃熱）を回収したりすることが可能となる。しかしながら、熱音響現象を利用した装置を実用化する上では、解決すべき課題も多く、作動流体の熱音響自励振動を発生させて音響出力を得る際の静粛性や信頼性をも十分に確保する必要がある。

【0006】

そこで、本発明は、静粛性や信頼性を良好に確保することができる熱音響エンジンの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による熱音響エンジンは、作動流体が封入される気柱管と、この気柱管の内部に配置された蓄熱手段とを有し、蓄熱手段の両端部間に温度勾配を形成して作動流体の熱音響自励振動を発生させる熱音響エンジンにおいて、熱音響自励振動の圧力振幅を検出する圧力振幅検出手段と、圧力振幅を変化させることができる圧力振幅設定手段と、圧力振幅検出手段の検出値が所定の閾値を超えているか否かを判定する判定手段と、判定手段の判定結果に基づいて圧力振幅が許容範囲内に保たれるように圧力振幅設定手段を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0008】

この熱音響エンジンでは、圧力振幅検出手段によって気柱管内で発生する作動流体の自励振動の圧力振幅が検出されると共に、判定手段によって圧力振幅検出手段の検出値が所定の閾値を超えているか否かを判定される。そして、判定手段の判定結果に応じて圧力振幅設定手段が制御手段によって制御され、これにより、熱音響自励振動の圧力振幅が許容範囲内に保たれる。この結果、この熱音響エンジンでは、自励振動の圧力振幅が過剰に大きくなってしまいうことを抑制することができるので、作動流体の熱音響自励振動を発生させて音響出力を得る際の騒音を抑制すると共に、気柱管を始めとする各種構成要素の耐圧負担を軽減させて耐久性を向上させることが可能となる。

【0009】

この場合、上記閾値は、熱音響自励振動に起因する騒音と気柱管の耐圧限界との少なくとも何れか一方に基づいて定められると好ましい。

【0010】

また、圧力振幅設定手段は、作動流体の平均圧力を変化させる手段、熱音響自励振動の周波数を変化させる手段、蓄熱手段の両端部間に形成される温度勾配を変化させる手段および熱音響エンジンの負荷を変化させる手段のうちの何れか一つまたはこれらの手段を複数組み合わせたものであると好ましい。

【0011】

すなわち、作動流体の平均圧力、自励振動の周波数、蓄熱手段の両端部間に形成される温度勾配、熱音響エンジンの負荷の少なくとも何れか一つを変化させることにより、熱音響自励振動の圧力振幅を容易かつ確実に許容範囲内に保つことができる。

【0012】

例えば、圧力振幅設定手段は、作動流体を貯留する作動流体貯留手段を含み、この作動流体貯留手段と気柱管との間で作動流体を移動させて気柱管内の作動流体の平均圧力を変化させる手段であるとよい。また、圧力振幅設定手段は、共鳴器と、共鳴器の管路長を変化させる手段とを含むものであってもよい。更に、作動流体が複数の流体を混合させた混合流体である場合、圧力振幅設定手段として、気柱管内の作動流体を回収して複数の流体に分離させ、分離させた複数の流体を気柱管の内部に個別に再供給可能な手段を採用してもよい。

【0013】

そして、本発明による熱音響エンジンは、蓄熱手段の一端側に配置される高温熱交換器を更に備え、この高温熱交換器は、内燃機関の排気ガスを熱源とするものであると好まし

10

20

30

40

50

い。これにより、熱音響エンジンを用いて、内燃機関の排気熱を効率よく回収することが可能となる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、静粛性や信頼性を良好に確保することができる熱音響エンジンの実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について詳細に説明する。

10

〔第1実施形態〕

図1は、本発明による熱音響エンジンの第1実施形態を示す概略構成図である。同図に示されるように、熱音響エンジン20は、例えば車両の走行駆動源として用いられる内燃機関1に適用される。まず、熱音響エンジン20の適用対象である内燃機関1について簡単に説明すると、この内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させて動力を発生するものである。

【0016】

燃焼室3の吸気ポートは、吸気マニホールド5に接続され、燃焼室3の排気ポートは、排気マニホールド6に接続されている。また、内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気ポートを開閉する吸気弁V_i、排気ポートを開閉する排気弁V_e、点火プラグ7およびインジェクタ8が燃焼室3ごとに配設されている。吸気マニホールド5は、サージタンク9に接続されており、サージタンク9には、給気管L1が接続されている。そして、給気管L1は、エアクリーナ10を介して図示されない空気取入口に接続されている。更に、給気管L1の中途（サージタンク9とエアクリーナ10との間）には、スロットルバルブ11が組み込まれている。一方、排気マニホールド6は、排気管L2に接続されており、排気管L2には、前段触媒装置12aおよび後段触媒装置12bが組み込まれている。

20

【0017】

本発明の熱音響エンジン20は、上述のような内燃機関1の排気熱を回収するために用いられる。熱音響エンジン20は、ステンレス等により円形断面を有するように形成された気柱管21を有し、この気柱管21の内部には、窒素、ヘリウム、アルゴン、ヘリウムおよびアルゴンの混合ガスといった作動流体（不活性ガス）が封入される。気柱管21は、図1に示されるように、概ね矩形ループ状に形成されたループ部22と、ループ部22の一つのコーナー部に接続された共鳴部23とを含む。共鳴部23は、ループ部22と概ね同径の円形断面を有する管部23aと、管部23aの先端に接続された閉鎖端部23bとを含み、共鳴器として機能する。閉鎖端部23bは、管部23aの先端から閉鎖端に向かうにつれて徐々に拡張されており、閉鎖端部23bの閉鎖端には、音波のエネルギー（音響エネルギー）を電気エネルギーに変換するトランスデューサ（音／電気変換手段）24が配置されている。トランスデューサTDは、発電量制御器24に接続されており、この発電量制御器24によってトランスデューサTDの発電量が設定される。

30

40

【0018】

また、気柱管21のループ部22の内部には、蓄熱器（蓄熱手段）25が配置されている。蓄熱器25は、配置箇所における気柱管21の軸方向と平行に延びる狭い流路を複数有する。蓄熱器25としては、セラミック等からなるハニカム構造体、ステンレス等からなる薄いメッシュを微小間隔で配列したもの、ステンレス等の金属製繊維を集合させた不織布等を採用することができる。この蓄熱器25の一端側には、高温熱交換器26が隣接して配置されており、蓄熱器25の他端側には、低温熱交換器27が隣接して配置されている。すなわち、蓄熱器25は、高温熱交換器26と低温熱交換器27との間に挟まれた状態で配置される。

【0019】

50

高温熱交換器 26 を構成する伝熱管には、内燃機関 1 の排気管 L 2 を流通する排気ガスが供給され、高温熱交換器 26 は、内燃機関 1 の排気ガスを熱源とする。本実施形態では、高温熱交換器（その伝熱管）26 は、前段触媒装置 12 a と後段触媒装置 12 b との間で排気管 L 2 に組み込まれている。また、低温熱交換器 27 を構成する伝熱管は、内燃機関 1 の冷却系統 L 3 に組み込まれており、低温熱交換器 27 は、冷却系統 L 3 を流通する冷却水の熱源（冷熱源）とする。なお、冷却系統 L 3 には、開閉弁または流量調整弁である冷媒導入弁 14 が含まれており、この冷媒導入弁 14 を制御することにより、低温熱交換器（その伝熱管）27 に対する冷却水の供給量等を変化させることができる。

【0020】

また、熱音響エンジン 20 の気柱管 21（本実施形態では、管部 23 a）には、中途に開閉弁（ノーマルクローズ）28 およびポンプ 29 を有する作動流体管 L 4 を介して作動流体貯留タンク（作動流体貯留手段）30 が接続されている。作動流体貯留タンク 30 は、気柱管 21 の内部に封入されている作動流体と同一の流体を所定圧力下で貯留する。従って、開閉弁 28 を開放すると共に、ポンプ 29 を作動させることにより、作動流体貯留タンク 30 内の作動流体を気柱管 21 の内部に導入し、気柱管 21 内における作動流体の圧力（平均圧力）を高めることができる。また、気柱管 21 内の作動流体の圧力（平均圧力）がある程度高い場合、開閉弁 28 を開放することにより、気柱管 21 から作動流体貯留タンク 30 に作動流体を戻して、気柱管 21 内における作動流体の圧力（平均圧力）を低下させることができる。すなわち、作動流体管 L 4、開閉弁 28、ポンプ 29 および作動流体貯留タンク 30 は、気柱管 21 内の作動流体の平均圧力を変化させる手段として機能する。

【0021】

更に、共鳴部 23 の管部 23 a の先端内部には、管部 23 a の内径よりも小さい外径を有する移動管 31 が摺動自在に配置されている。そして、閉鎖端部 23 b の内部には、移動管 31 を管部 23 a と平行に移動させるためのアクチュエータ（流体圧シリンダ）32 が配置されている。アクチュエータ 32 は、開閉弁 33 を介して図示されない流体源に接続されており、開閉弁 33 を操作してアクチュエータ 32 を作動させることにより、共鳴部 23 の管路長を変化させることができる。従って、これらの移動管 31 やアクチュエータ 32 は、気柱管 21 内の作動流体の共振周波数を変化させる手段として機能する。

【0022】

そして、熱音響エンジン 20 は、制御手段として機能する電子制御ユニット（以下「ECU」という）40 を含む。ECU 40 は、何れも図示されない CPU、ROM、RAM、入出力ポートおよび記憶装置等を含むものである。上述の冷却系統 L 3 の冷媒導入弁 14、作動流体管 L 4 の開閉弁 28 およびポンプ 29、アクチュエータ 32 用の開閉弁 33、トランスデューサ TD の発電量制御器 24 等は、それぞれ ECU 40 の入出力ポートに接続されており、これらは ECU 40 によって制御される。また、熱音響エンジン 20 の気柱管 21 には、ループ部 22 と共鳴部 23 との接続部付近に圧力センサ 34 が設置されている。この圧力センサ 34 も ECU 40 に接続されており、当該センサ 34 は、気柱管 21 内の作動流体の圧力を検出し、検出値を示す信号を ECU 40 に与える。

【0023】

上述のように構成される熱音響エンジン 20 は、内燃機関 1 が運転され、燃焼室 3 からの排気ガスが前段触媒装置 12 a を通過した後、熱音響エンジン 20 の高温熱交換器 26 を通過するようになると作動を開始する。この場合、前段触媒装置 12 a を通過した排気ガスの温度は、最高でおよそ 900℃ 程度にも達することから、蓄熱器 25 の一端部は、高温熱交換器 26 を流通する排気ガスによって加熱されて昇温する。これに対して、熱音響エンジン 20 の低温熱交換器 27 には、冷却系統 L 3 を流通する冷却水（およそ 80～100℃）の冷却水が供給されるので、蓄熱器 25 の他端部は、低温熱交換器 27 を流通する冷却水によって冷却される。この結果、蓄熱器 25 の両端部間に大きな温度勾配が形成され、これに起因して、作動流体の熱音響自励振動（音波）が発生する。

【0024】

このようにして発生する作動流体の自励振動（音波）の周波数と共鳴部 23 における共振周波数とが一致することにより、共鳴部 23 内には定在波が形成される。また、ループ部 22 内には、低温熱交換器 27 から高温熱交換器 26 へと進行する進行波が形成される。そして、共鳴部 23 内に形成される定在波により、閉鎖端部 23b に配置されたトランスデューサ TD の振動部が加振される。トランスデューサ TD は、共鳴部 23 内の定在波のエネルギー（音響エネルギー）を電気エネルギーに変換し、得られた電気エネルギーは、発電量制御器 24 を介して所定の電気負荷に供給される。これにより、本発明の熱音響エンジン 20 によれば、内燃機関 1 の排気熱を効率よく回収して所定の電気負荷のための電力を得ることができる。なお、共鳴部 23 にトランスデューサ TD を配置する代わりに、蓄熱器、高温熱交換器および低温熱交換器のユニットをループ部 22 に配置し、熱音響エンジン 20 によって回収された排気熱のエネルギーを利用して当該ユニットを冷凍機として作動させてもよい。

10

【0025】

さて、上述のような熱音響現象の利用により、内燃機関 1 の排気熱（廃熱）を良好に回収することが可能となるが、熱音響現象を利用した装置を実用化の上では、作動流体の熱音響自励振動を発生させて音響出力を得る際の静粛性や信頼性をも十分に確保する必要がある。すなわち、熱音響エンジンから音響出力を得る際に作動流体の自励振動の圧力振幅が過剰に大きくなると、騒音の問題や、作動流体の圧力が気柱管等の耐圧限界に近づいてしまつて気柱管等の耐久性を低下させてしまうという問題が起こり得る。このため、本実施形態の熱音響エンジン 20 では、作動流体の自励振動の圧力振幅を許容範囲内に保つべく、図 2 に示される圧力振幅制御ルーチンが実行される。

20

【0026】

図 2 に示される圧力振幅制御ルーチンは、ECU 40 によって所定時間おきに繰り返し実行される。ECU 40 は、圧力振幅制御ルーチンを実行するタイミングになると、圧力センサ 34 から送られる信号に基づいて気柱管 21 内で自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を算出する（S10, S12）。この場合、ECU 40 は、S10 にて、圧力センサ 34 からの信号に基づいて気柱管 21 内で自励振動する作動流体の最大圧力と最小圧力とを取得し、S12 にて、これらの最大圧力と最小圧力とから気柱管 21 内の作動流体の圧力振幅 P_0 を求める。

【0027】

気柱管 21 内の作動流体の圧力振幅 P_0 を求めると、ECU 40 は、圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であるか否か判定する（S14）。ここで用いられる許容圧力振幅 P_A は、熱音響自励振動に起因する騒音の許容値または気柱管 21 の耐圧限界、あるいはこれらの双方に基づいて定められ、予め記憶装置に格納されている。そして、ECU 40 は、S14 にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断した場合、気柱管 21 内の作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させる圧力振幅減少処理を実行する（S16）。本実施形態では、S16 の圧力振幅減少処理として、次の（1）～（4）の処理のうちの何れか一つまたは複数が実行される。

30

【0028】

（1）平均圧力低下処理

この平均圧力低下処理は、気柱管 21 内における作動流体の平均圧力を低下させることにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させるものである。この場合、ECU 40 は、S14 にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断すると、作動流体管 L4 の開閉弁 28 を所定時間または圧力振幅 P_0 と許容圧力振幅 P_A との偏差に応じた時間だけ開放させる（S16）。これにより、気柱管 21 内の作動流体が作動流体管 L4 を介して作動流体貯留タンク 30 内に戻されるので、気柱管 21 内における作動流体の圧力（平均圧力）が低下することになる。

40

【0029】

ここで、自励振動する作動流体の平均圧力 P_m （自励振動する作動流体の圧力の平均値、すなわち、最大圧力と最小圧力との平均）と圧力振幅 P_0 とは、図 3 に示されるような

50

相関を有しており、平均圧力 P_m が低下すれば、それに応じて圧力振幅 P_0 も減少する。従って、気柱管 21 内の作動流体を作動流体貯留タンク 30 内に戻して気柱管 21 における作動流体の平均圧力を低下させることにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させることが可能となる。

【0030】

(2) 共振周波数変更処理

この共振周波数変更処理は、気柱管 21 内における作動流体の共振周波数を高めることにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させるものである。この場合、ECU 40 は、S14 にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断すると、移動管 31 がループ部 22 に向けて所定量だけ移動するようにアクチュエータ 32 を作動させる (S16)。これにより、管部 23a と閉鎖端部 23b とにより構成される共鳴器の管路長が短縮され、気柱管 21 内の作動流体の共振周波数が高まるので、それに応じて、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 が減少することになる。

10

【0031】

(3) 温度勾配変更処理

この温度勾配変更処理は、高温熱交換器 26 と低温熱交換器 27 とによって蓄熱器 25 の両端部間に形成される温度勾配を小さくすることにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させるものである。この場合、ECU 40 は、S14 にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断すると、冷却システム 3 に設けられている冷媒導入弁 14 を制御して低温熱交換器 (その伝熱管) 27 に対する冷却水の供給を停止させるか、または、冷却水の供給量を減少させる。これにより、低温熱交換器 27 による蓄熱器 25 の冷却能力が低下することになるので、蓄熱器 25 の両端部間に形成される温度勾配が小さくなり、その結果、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 が減少することになる。

20

【0032】

(4) 音響負荷変更処理

この音響負荷変更処理は、トランスデューサ TD の発電量 (ループ部 22 等に熱音響冷凍機が配置されている場合は、当該冷凍機による冷熱量) を増大化させることにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させるものである。この場合、ECU 40 は、S14 にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断すると、発電量制御器 24 に対してトランスデューサ TD の発電量を増加させるように所定の制御信号を与える (S16)。このように、熱音響エンジン 20 の負荷を増大化させることによって、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させることが可能となる。

30

【0033】

このように、熱音響エンジン 20 では、圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上になると、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を低下させるために、(1) 平均圧力低下処理、(2) 共振周波数変更処理、(3) 温度勾配変更処理、および、(4) 音響負荷変更処理のうちの何れか一つまたは複数が実行される。これにより、熱音響自励振動の圧力振幅は常時許容範囲内に保たれ、自励振動の圧力振幅が過剰に大きくなってしまふことを抑制することができる。従って、熱音響エンジン 20 では、作動流体の熱音響自励振動を発生させて音響出力を得る際の騒音を抑制すると共に、気柱管 21 を始めとする各種構成要素の耐圧負担を軽減させて耐久性を向上させることが可能となる。

40

【0034】

なお、作動流体の共振周波数を変化させるために、気柱管 21 の共鳴部は、図 4 に示されるように構成されてもよい。図 4 の共鳴部 23A は、管部 23a、管部 23a に連なる閉鎖端部 23b および閉鎖端部 23b 内に配置された可動チャンバ 23c を含む。可動チャンバ 23c は、閉鎖端部 23b の内部に回転自在に支持されており、1つの開口部 23d を有する。これにより、可動チャンバ 23c の内部と、閉鎖端部 23b の内面と可動チャンバ 23c の外面との間に画成される流路とは、可動チャンバ 23c の開口部 23d を介して互いに連通し合う。そして、可動チャンバ 23c は、ラック R とピニオン P とから

50

なるラックアンドピニオン R P を介して図示されない駆動手段によって閉鎖端部 2 3 b の内部で正逆方向に回転させられる。

【0035】

このような構成のもとでは、閉鎖端部 2 3 b の内部で可動チャンバ 2 3 c を回転させて、開口部 2 3 d の位置を変化させることにより、管部 2 3 a、閉鎖端部 2 3 b および可動チャンバ 2 3 c により構成される共鳴器の管路長を変化させることができる。従って、図 8 の共鳴部 2 3 A を用いても、気柱管 2 1 内の作動流体の共振周波数を高めて、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させることが可能となる。

【0036】

〔第 2 実施形態〕

以下、図 5～図 7 を参照しながら、本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関の熱音響エンジンについて説明する。なお、上述の第 1 実施形態に関連して説明されたものと同一の要素には同一の参照符号が付され、重複する説明は省略される。

【0037】

図 5 に示される熱音響エンジン 2 0 A も、第 1 実施形態の熱音響エンジン 2 0 と基本的に同様の構成を有し、シリンダブロック 2 に形成された燃焼室 3 の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室 3 内でピストン 4 を往復移動させて動力を発生する内燃機関 1 に適用される。この熱音響エンジン 2 0 A では、作動流体として、ヘリウムおよびアルゴンの混合ガスが用いられる。そして、熱音響エンジン 2 0 A は、ヘリウムおよびアルゴンの混合ガスである作動流体におけるヘリウムとアルゴンとの混合比を変化させることができるように構成されている。

【0038】

すなわち、熱音響エンジン 2 0 の気柱管 2 1 (本実施形態では、管部 2 3 a) には、気柱管 2 1 内の作動流体を吸い出し可能なポンプ 3 5 と作動流体導入弁 (開閉弁) 3 6 とを有する作動流体回収管 L 5 を介して流体分離装置 5 0 が接続されている。この流体分離装置 5 0 は、内部に流体を貯留可能な容器 5 1 と、容器 5 1 の内部空間を 2 つの流体貯留室 5 1 A および 5 1 H に仕切る分離膜 5 2 とを含む。

【0039】

上述の作動流体回収管 L 5 は、容器 5 1 の一方の流体貯留室 5 1 A に接続されている。そして、この流体貯留室 5 1 A は、第 1 供給弁 (開閉弁) 5 3 を有する流体導入管 L 6 を介して気柱管 2 1 (本実施形態では、管部 2 3 a) と接続されている。また、容器 5 1 の他方の流体貯留室 5 1 H は、第 2 供給弁 (開閉弁) 5 4 を有する流体導入管 L 7 を介して気柱管 2 1 (本実施形態では、管部 2 3 a) と接続されている。上述のポンプ 3 5、作動流体導入弁 3 6、第 1 および第 2 供給弁 5 3、5 4 は、それぞれ E C U 4 0 の入出力ポートに接続されており、これらは E C U 4 0 によって制御される。そして、これらのポンプ 3 5、作動流体導入弁 3 6、作動流体回収管 L 5、流体分離装置 5 0、第 1 および第 2 供給弁 5 3、5 4、流体導入管 L 6 および L 7 は、気柱管 2 1 内の作動流体におけるヘリウムおよびアルゴンの混合比を変化させる手段として機能する。

【0040】

また、容器 5 1 の内部を仕切る分離膜 5 2 は、作動流体中のヘリウムのみを通過させてアルゴンと分離させることができるものである。本実施形態では、分離膜 5 2 として、ポリイミド、酢酸セルロース、ポリナルフェン、ポリアミド、ポリエーテルイミド等により形成された多孔質性の膜が採用される。これらの材料の何れかにより形成された分離膜 5 2 は、分子量が比較的大きいアルゴン (分子量 4 0) の通過を規制する一方、アルゴンに比べて分子量が小さいヘリウム (分子量 4) の通過を許容する。なお、分離膜 5 2 としては、およそ 0.3～1.0 nm の微小な孔を多数有し、ヘリウムを窒素に対しておよそ 5 0 0 倍に濃縮可能な多孔質ガラスホローファイバ膜が採用されてもよい。

【0041】

このように構成される熱音響エンジン 2 0 A においても、作動流体の自励振動の圧力振幅を許容範囲内に保つべく、E C U 4 0 によって第 1 実施形態に関連して説明された図 2

10

20

30

40

50

の圧力振幅制御ルーチンが実行される。そして、熱音響エンジン20Aでは、気柱管21内で自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断された場合に、圧力振幅 P_0 を減少させるための圧力振幅減少処理として、図6に示される混合比変更処理が実行され得る。

【0042】

図6に示される混合比変更処理は、気柱管21内の作動流体におけるヘリウムとアルゴンとの混合比を変更することにより、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させるものである。この場合、ECU40は、S14にて圧力振幅 P_0 が予め定められている許容圧力振幅 P_A 以上であると判断すると、作動流体回収管L5の作動流体導入弁36を開放させると共に(S20)、作動流体回収管L5のポンプ35を所定時間だけ作動させる(S22)。そして、ポンプ35を所定時間だけ作動させると、ECU40は、気柱管21の管部23aとアルゴンを貯留する流体貯留室51Aとを接続する流体導入管L6の第1供給弁(Ar供給弁)53を閉鎖させる(閉鎖状態に維持する)と共に、気柱管21の管部23aとヘリウムを貯留する流体貯留室51Hとを接続する流体導入管L7の第2供給弁(He供給弁)54を所定時間またはS12で取得した圧力振幅 P_0 に応じた時間だけ開放させる(S24)。

【0043】

ここで、作動流体におけるアルゴンの比率と、自励振動する作動流体の共振周波数との間には、図7に示されるような相関が認められ、作動流体におけるアルゴンの比率が低下すればするほど、気柱管21内における作動流体の共振周波数が高まることになる。従って、図6の混合比変更処理(S24)により、流体導入管L6を介して流体分離装置50(流体貯留室51H)からヘリウム(のみ)を気柱管21の内部に所定量導入することにより、気柱管21内における作動流体の共振周波数を高めて、自励振動する作動流体の圧力振幅 P_0 を減少させることができる。

【0044】

この結果、第2実施形態に係る熱音響エンジン20Aによっても、熱音響自励振動の圧力振幅を常時許容範囲内に保って、自励振動の圧力振幅が過剰に大きくなってしまいうことを抑制することができる。従って、熱音響エンジン20Aにおいても、作動流体の熱音響自励振動を発生させて音響出力を得る際の騒音を抑制すると共に、気柱管21を始めとする各種構成要素の耐圧負担を軽減させて耐久性を向上させることが可能となる。なお、第2実施形態に係る熱音響エンジン20Aにおいて、第1実施形態に関連して説明された温度勾配変更処理および音響負荷変更処理が実行され得ることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明による熱音響エンジンの第1実施形態を示す概略構成図である。

【図2】図1の熱音響エンジンにおいて作動流体の圧力振幅を制御する手順を説明するためのフローチャートである。

【図3】気柱管内で自励振動する作動流体の平均圧力と圧力振幅との相関を例示するグラフである。

【図4】気柱管内の作動流体の共振周波数を変化させるための他の構成を例示する模式図である。

【図5】本発明による熱音響エンジンの第2実施形態を示す概略構成図である。

【図6】図5の熱音響エンジンにおいて作動流体の混合比を変更する手順を説明するためのフローチャートである。

【図7】気柱管内の作動流体におけるアルゴンの比率と作動流体の共振周波数との相関を例示するグラフである。

【符号の説明】

【0046】

1 内燃機関

14 冷媒導入弁

10

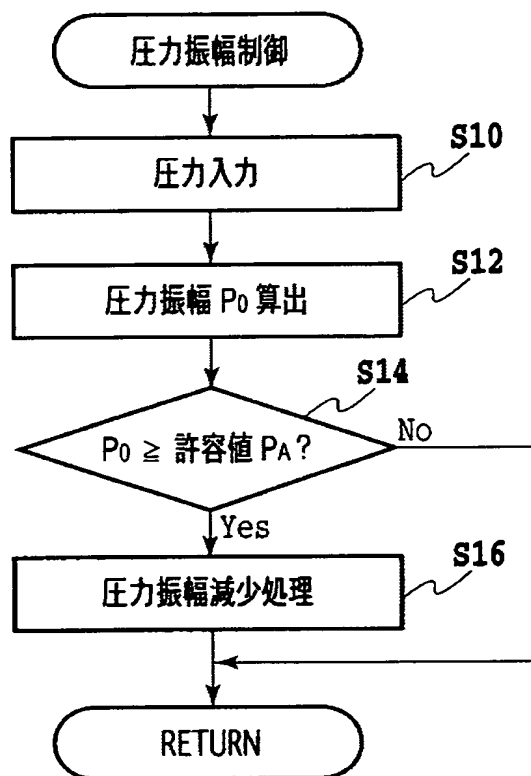
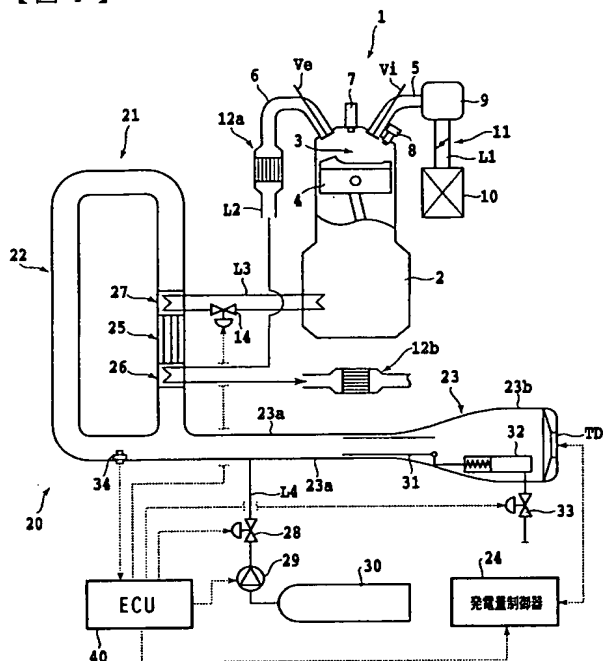
20

30

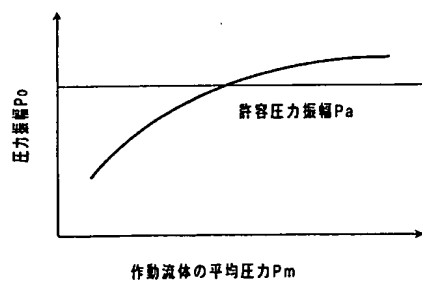
40

2 0, 2 0 A	熱音響エンジン	
2 1	気柱管	
2 2	ループ部	
2 3, 2 3 A	共鳴部	
2 3 a	管部	
2 3 b	閉鎖端部	
2 3 c	可動チャンバ	
2 3 d	開口部	
2 4	発電量制御器	
2 5	蓄熱器	10
2 6	高温熱交換器	
2 7	低温熱交換器	
2 8, 3 3	開閉弁	
2 9, 3 5	ポンプ	
3 0	作動流体貯留タンク	
3 1	移動管	
3 2	アクチュエータ	
3 4	圧力センサ	
3 6	作動流体導入弁	
5 0	流体分離装置	20
5 1	容器	
5 1 A, 5 1 H	流体貯留室	
5 2	分離膜	
5 3	第 1 供給弁	
5 4	第 2 供給弁	
L 1	給気管	
L 2	排気管	
L 3	冷却系統	
L 4	作動流体管	
L 5	作動流体回収管	30
L 6, L 7	流体導入管	
R P	ラックアンドピニオン	
T D	トランスデューサ	

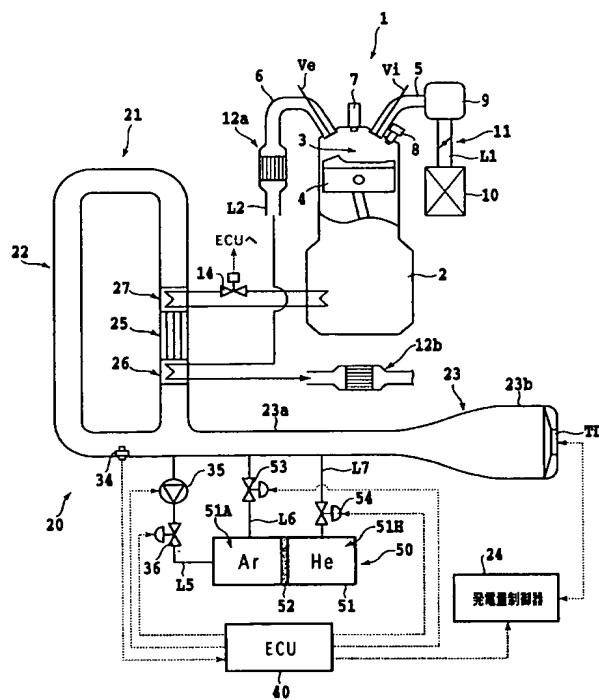
【图 2】



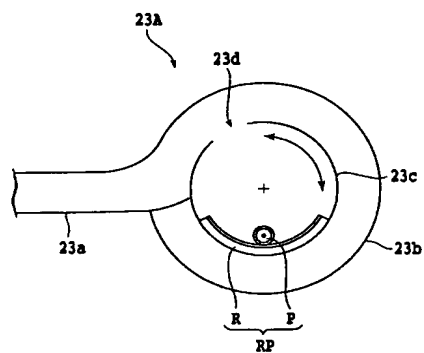
【图 3】



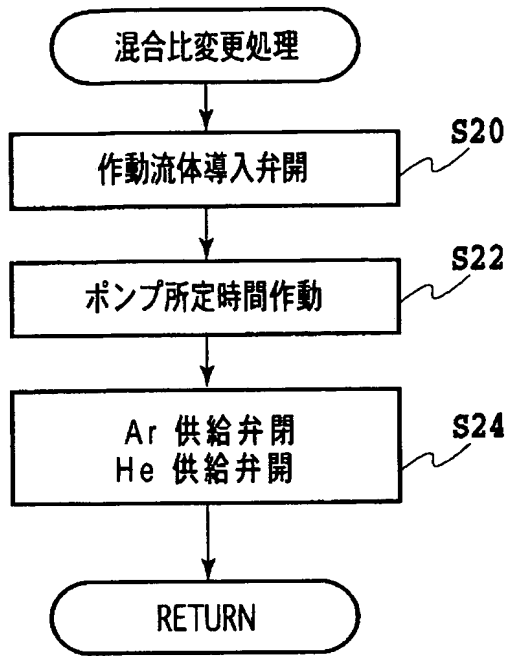
【图 5】



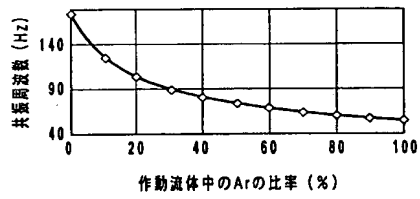
【图 4】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F 2 5 B 23/00

F I

F 2 5 B 23/00

Z

テーマコード (参考)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-180294

(43)Date of publication of application : 07.07.2005

(51)Int.Cl.	F01N 5/02
	F01N 1/00
	F01N 1/02
	F02G 5/02
	F25B 9/00
	F25B 23/00

(21)Application number : 2003-421621

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 18.12.2003

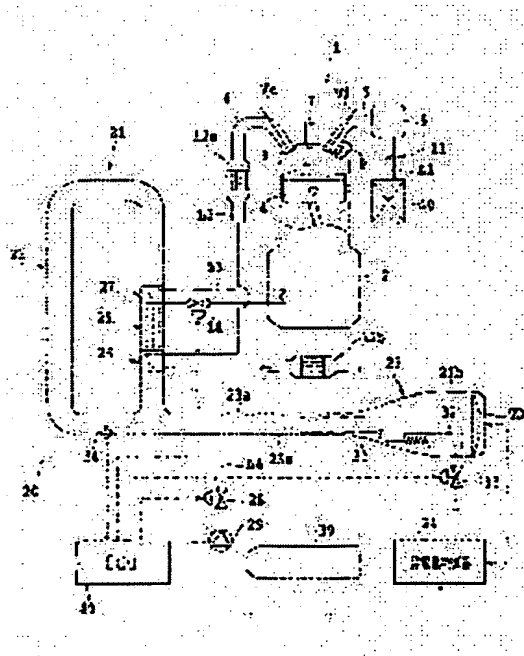
(72)Inventor : ITO YASUSHI

(54) THERMAL ACOUSTIC ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thermal acoustic engine capable of excellently securing silence and reliability.

SOLUTION: This thermal acoustic engine 20 has a columnar gas pipe 21 sealed with a working fluid, and a heat accumulator 25 arranged in the columnar gas pipe 21, and generates thermal acoustic self-excited vibration of the working fluid, by forming a temperature gradient between both end parts of the heat accumulator 25. The thermal acoustic engine 20 has a working fluid pipe L4, an opening-closing valve 28, a pump 29, a working fluid storage tank 30, a moving pipe 31 and an actuator 32 for changing pressure amplitude of the thermal acoustic self-excited vibration. The opening-closing valve 28, the pump 29 and the actuator 32 are controlled so that the pressure amplitude is kept in an allowable range by an ECU 40.



*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

In a heat sound engine which has an air column pipe with which a working fluid is enclosed, and a thermal storage means arranged inside this air column pipe, forms a temperature gradient among both ends of said thermal storage means, and is made to generate heat sound self-excited vibration of said working fluid,

A pressure amplitude detection means to detect pressure amplitude of said heat sound self-excited vibration,

A pressure amplitude setting-out means by which said pressure amplitude can be changed,

A judging means which judges whether a detection value of said pressure amplitude detection means is over a predetermined threshold,

A heat sound engine provided with a control means which controls said pressure amplitude setting-out means so that said pressure amplitude is maintained in tolerance level based on a decision result of said judging means.

[Claim 2]

The heat sound engine according to claim 1 characterized by a thing of noise to which said threshold originates in said heat sound self-excited vibration, and a resisting pressure limit of said air column pipe defined based on either at least.

[Claim 3]

A means by which said pressure amplitude setting-out means changes a mean pressure of said working fluid, A means to change frequency of said heat sound self-excited vibration, The heat sound engine according to claim 1 or 2 combining two or more any of the means to change load of a means and a heat sound engine to which a temperature gradient formed among both ends of said thermal storage means is changed, one, or these means.

[Claim 4]

The heat sound engine according to any one of claims 1 to 3, wherein it has further a high-temperature-heat exchanger arranged at the end side of said thermal storage means and this high-temperature-heat exchanger makes exhaust gas of an internal-combustion engine a heat source.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention forms a temperature gradient among the both ends of the thermal storage means arranged in an air column pipe, and relates to the heat sound engine made to generate the heat sound self-excited vibration of the working fluid in an air column pipe.

[Background of the Invention]

[0002]

The freezer using a heat sound phenomenon is proposed from the former (for example, refer to patent documents 1.). This freezer is provided with piping with which a gas is enclosed, the stack which it has been arranged inside this piping and inserted by the elevated-temperature side heat exchanger and the low temperature side heat exchanger, and this stack and the regenerator arranged at the unsymmetrical position with the elevated-temperature side heat exchanger and the low temperature side heat exchanger. By forming a temperature gradient among the both ends of a stack, this freezer generates a gaseous self-excited vibration in a stack, and cool storage is carried out to regenerator by propagation of the standing wave and progressive wave which are acquired by it.

[0003]

The device which collects the exhaust heat of an internal-combustion engine using a heat sound phenomenon is also proposed from the former (for example, refer to patent documents 2.). This device is provided with the resonance tube connected to the catalytic converter for exhaust air purification of an internal-combustion engine, the stack provided in one end of this resonance tube, and the transducer provided in the other end of the resonance tube. In this device, the end of a stack is heated with the heat emitted from a catalytic converter, and a temperature gradient is given among the both ends of a stack. Thereby, a sound wave occurs in a stack and the energy of a sound wave is changed into electrical energy by the transducer.

[0004]

[Patent documents 1] The patent No. 3015786 gazette

[Patent documents 2] JP,2002-122020,A

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0005]

OK, as mentioned above, it becomes possible by using a heat sound phenomenon to collect the exhaust heat (waste heat) of an internal-combustion engine about cold energy, without using a compressor, chlorofluocarbon, etc. However, when putting the device using a heat sound phenomenon in practical use, there are also many issues which should be solved and they also fully need to secure

the silence and reliability at the time of generating the heat sound self-excited vibration of a working fluid, and obtaining output power of sound.

[0006]

Then, this invention aims at offer of the heat sound engine which can secure silence and reliability good.

[Means for Solving the Problem]

[0007]

This invention has an air column pipe with which a working fluid is enclosed, and a thermal storage means arranged inside this air column pipe, and, as for a heat sound engine by this invention, is characterized by that a heat sound engine which forms a temperature gradient among both ends of a thermal storage means, and is made to generate heat sound self-excited vibration of a working fluid comprises the following.

A pressure amplitude detection means to detect pressure amplitude of heat sound self-excited vibration.

A pressure amplitude setting-out means by which pressure amplitude can be changed.

A judging means which judges whether a detection value of a pressure amplitude detection means is over a predetermined threshold.

A control means which controls a pressure amplitude setting-out means so that pressure amplitude is maintained in tolerance level based on a decision result of a judging means.

[0008]

In this heat sound engine, pressure amplitude of self-excited vibration of a working fluid by which it is generated within an air column pipe by a pressure amplitude detection means is detected, and it is judged whether a detection value of a pressure amplitude detection means is over a predetermined threshold by a judging means. And according to a decision result of a judging means, a pressure amplitude setting-out means is controlled by a control means, and, thereby, pressure amplitude of heat sound self-excited vibration is maintained in tolerance level. As a result, since it can control that pressure amplitude of self-excited vibration becomes large superfluously in this heat sound engine, Noise at the time of generating heat sound self-excited vibration of a working fluid, and obtaining output power of sound is controlled, and it becomes possible to make a resisting pressure burden of various components including an air column pipe ease, and to raise endurance.

[0009]

In this case, when the above-mentioned threshold is determined as a resisting pressure limit of noise and an air column pipe resulting from heat sound self-excited vibration based on either at least, it is preferred.

[0010]

A means by which a pressure amplitude setting-out means changes a mean pressure of a working fluid, It is desirable when two or more any of the means to change load of a means to change frequency of heat sound self-excited vibration, a means to change a temperature gradient formed among both ends of a thermal storage means, and a heat sound engine, one, or these means are combined.

[0011]

That is, pressure amplitude of heat sound self-excited vibration can be kept easily and certain in tolerance level by changing any at least one of the loads of a temperature gradient formed between a mean pressure of a working fluid, frequency of self-excited vibration, and both ends of a thermal storage means, and a heat sound engine.

[0012]

For example, a pressure amplitude setting-out means is good in it being a means to move a working

fluid between this working-fluid storage means and an air column pipe, and to change a mean pressure of a working fluid in an air column pipe including a working-fluid storage means which stores a working fluid. A pressure amplitude setting-out means may contain a resonator and a means to change pipeline length of a resonator. When a working fluid is the mixing fluid with which two or more fluids were mixed, a means in which re-supply is possible may be individually adopted as an inside of an air column pipe for two or more fluids which collected working fluids in an air column pipe, made divide into two or more fluids as a pressure amplitude setting-out means, and were made to separate.

[0013]

And a heat sound engine by this invention is further provided with a high-temperature-heat exchanger arranged at the end side of a thermal storage means, and this high-temperature-heat exchanger is preferred in it being what makes exhaust gas of an internal-combustion engine a heat source. This becomes possible using a heat sound engine to collect exhaust heat of an internal-combustion engine efficiently.

[Effect of the Invention]

[0014]

According to this invention, it becomes realizable [the heat sound engine which can secure silence and reliability good].

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0015]

Hereafter, the best gestalt for carrying out this invention is explained in detail, referring to drawings.

[A 1st embodiment]

Drawing 1 is an outline lineblock diagram showing a 1st embodiment of the heat sound engine by this invention. As shown in the figure, the heat sound engine 20 is applied to the internal-combustion engine 1 used, for example as a source of a running drive of vehicles. First, if the internal-combustion engine 1 which is an applied object of the heat sound engine 20 is explained briefly, this internal-combustion engine 1 will burn the gaseous mixture of fuel and air inside the combustion chamber 3 formed in the cylinder block 2, will carry out reciprocation moving of the piston 4 in the combustion chamber 3, and will generate power.

[0016]

The inlet port of the combustion chamber 3 is connected to the inlet manifold 5, and the exhaust port of the combustion chamber 3 is connected to the exhaust manifold 6. The exhaust valve V_e , the spark plug 7, and the injector 8 which open and close the inlet valve V_i which opens and closes an inlet port, and an exhaust port are allocated by the cylinder head of the internal-combustion engine 1 every combustion chamber 3. The inlet manifold 5 is connected to the surge tank 9, and the feed pipe L1 is connected to the surge tank 9. And the feed pipe L1 is connected to the air-intake which is not illustrated via the air cleaner 10. The throttle valve 11 is included in the halfway (between the surge tank 9 and the air cleaners 10) of the feed pipe L1. On the other hand, the exhaust manifold 6 is connected to the exhaust pipe L2, and the preceding paragraph catalyst device 12a and the latter-part catalyst device 12b are built into the exhaust pipe L2.

[0017]

The heat sound engine 20 of this invention is used in order to collect the exhaust heat of the above internal-combustion engines 1. The heat sound engine 20 has the air column pipe 21 formed so that it might have a circular section with stainless steel etc., and a working fluid (inactive gas) called the mixed gas of nitrogen, helium, argon, helium, and argon is enclosed with the inside of this air column pipe 21. The air column pipe 21 is provided with the following.

The loop part 22 formed in general in rectangle looped shape as shown in drawing 1.

The resonance portion 23 connected to one corner part of the loop part 22.

The resonance portion 23 functions as a resonator including the loop part 22, the tube part 23a which

has a circular section of an equal diameter in general, and the closed end part 23b connected at the tip of the tube part 23a. The diameter of it is gradually expanded as the closed end part 23b goes to a closed end from the tip of the tube part 23a, and the transducer (a sound/electrical transducing means) 24 which changes the energy (sound energy) of a sound wave into electrical energy is arranged at the closed end of the closed end part 23b. Transducer TD is connected to the production-of-electricity controller 24, and the production of electricity of transducer TD is set up by this production-of-electricity controller 24.

[0018]

Inside the loop part 22 of the air column pipe 21, the heat accumulator (thermal storage means) 25 is arranged. The heat accumulator 25 carries out two or more owners of the narrow channel which extends in the shaft orientations of the air column pipe 21 and parallel in an arrangement part. The nonwoven fabric etc. which gathered metal textiles, such as what arranged the thin mesh which consists of a honeycomb structured body which consists of ceramics etc., stainless steel, etc. as the heat accumulator 25 with the minute space, and stainless steel, are employable. The high-temperature-heat exchanger 26 adjoins and is arranged at the one end side of this heat accumulator 25, and the low-temperature heat exchanger 27 adjoins and is arranged at the other end side of the heat accumulator 25. That is, the heat accumulator 25 is arranged in the state where it was inserted between the high-temperature-heat exchanger 26 and the low-temperature heat exchanger 27.

[0019]

The exhaust gas which circulates the exhaust pipe L2 of the internal-combustion engine 1 is supplied to the heat exchanger tube which constitutes the high-temperature-heat exchanger 26, and the high-temperature-heat exchanger 26 makes the exhaust gas of the internal-combustion engine 1 it with a heat source. According to this embodiment, the high-temperature-heat exchanger (the heat exchanger tube) 26 is included in the exhaust pipe L2 between the preceding paragraph catalyst device 12a and the latter-part catalyst device 12b. The heat exchanger tube which constitutes the low-temperature heat exchanger 27 is built into the cooling system L3 of the internal-combustion engine 1, and the low-temperature heat exchanger 27 makes the cooling system L3 the heat source (heat sink) of the circulating cooling water. The refrigerant introducing valve 14 which is an opening and closing valve or a flow control valve is contained in the cooling system L3, and the amount of supply of the cooling water to the low-temperature heat exchanger (that heat exchanger tube) 27, etc. can be changed to it by controlling this refrigerant introducing valve 14.

[0020]

The working-fluid storage tank (working-fluid storage means) 30 is connected to the air column pipe 21 (this embodiment tube part 23a) of the heat sound engine 20 at halfway via the working-fluid pipe L4 which has the opening and closing valve (normal close) 28 and the pump 29. The working-fluid storage tank 30 stores the same fluid as the working fluid enclosed with the inside of the air column pipe 21 under specified pressure. Therefore, the opening and closing valve 28 is opened, and by operating the pump 29, the working fluid in the working-fluid storage tank 30 can be introduced into the inside of the air column pipe 21, and the pressure (mean pressure) of the working fluid in the air column pipe 21 can be heightened. When the pressure (mean pressure) of the working fluid in the air column pipe 21 is to some extent high, by opening the opening and closing valve 28, a working fluid can be returned to the working-fluid storage tank 30 from the air column pipe 21, and the pressure (mean pressure) of the working fluid in the air column pipe 21 can be reduced. That is, the working-fluid pipe L4, the opening and closing valve 28, the pump 29, and the working-fluid storage tank 30 function as a means to change the mean pressure of the working fluid in the air column pipe 21.

[0021]

The move pipe 31 which has an outer diameter smaller than the inside diameter of the tube part 23a inside the tip of the tube part 23a of the resonance portion 23 is arranged slidably. And the actuator (fluid pressure cylinder) 32 for moving the move pipe 31 to the inside of the closed end part 23b in parallel with the tube part 23a is arranged. The actuator 32 is connected to the source of a fluid which is not illustrated via the opening and closing valve 33, and the pipeline length of the resonance portion 23 can be changed by operating the opening and closing valve 33 and operating the actuator 32. Therefore, these move pipes 31 and actuators 32 function as a means to change the resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21.

[0022]

And the heat sound engine 20 contains the electronic control unit (henceforth "ECU") 40 which functions as a control means. Each ECU40 contains CPU, ROM and RAM which are not illustrated, input/output port, memory storage, etc. The production-of-electricity controller 24 grade of the refrigerant introducing valve 14 of the above-mentioned cooling system L3, the opening and closing valve 28 of the working-fluid pipe L4 and the pump 29, the opening and closing valve 33 for actuator 32, and transducer TD is connected to the input/output port of ECU40, respectively, and these are controlled by ECU40. The pressure sensor 34 is installed near the terminal area of the loop part 22 and the resonance portion 23 by the air column pipe 21 of the heat sound engine 20. This pressure sensor 34 is also connected to ECU40, and the sensor 34 concerned detects the pressure of the working fluid in the air column pipe 21, and gives the signal which shows a detection value to ECU40.

[0023]

After the internal-combustion engine 1 is operated and the exhaust gas from the combustion chamber 3 passes the preceding paragraph catalyst device 12a, the heat sound engine 20 constituted as mentioned above will start an operation, if it comes to pass the high-temperature-heat exchanger 26 of the heat sound engine 20. In this case, since the temperature of the exhaust gas which passed the preceding paragraph catalyst device 12a amounts to about 900 ** at the best, with the circulating exhaust gas, the end part of the heat accumulator 25 is heated and carries out temperature up of the high-temperature-heat exchanger 26. On the other hand, since the cooling water of the cooling water (about 80-100 **) which circulates the cooling system L3 is supplied to the low-temperature heat exchanger 27 of the heat sound engine 20, the other end of the heat accumulator 25 is cooled with the cooling water which circulates the low-temperature heat exchanger 27. As a result, a big temperature gradient is formed among the both ends of the heat accumulator 25, it originates in this, and the heat sound self-excited vibration (sound wave) of a working fluid occurs.

[0024]

Thus, when the frequency of the self-excited vibration (sound wave) of the working fluid by which it is generated, and the resonance frequency in the resonance portion 23 are in agreement, a standing wave is formed in the resonance portion 23. In the loop part 22, the progressive wave which advances from the low-temperature heat exchanger 27 to the high-temperature-heat exchanger 26 is formed. And the vibration portion of transducer TD arranged at the closed end part 23b is excited by the standing wave formed in the resonance portion 23. The electrical energy obtained by transducer TD changing the energy (sound energy) of the standing wave in the resonance portion 23 into electrical energy is supplied to predetermined electric load via the production-of-electricity controller 24. Thereby, according to the heat sound engine 20 of this invention, the exhaust heat of the internal-combustion engine 1 can be collected efficiently, and the electric power for predetermined electric load can be obtained. Instead of arranging transducer TD to the resonance portion 23, the unit of a heat accumulator, a high-temperature-heat exchanger, and a low-temperature heat exchanger may be arranged to the loop part 22, and the unit concerned may be operated as a freezer using the energy of the exhaust heat collected with the heat sound engine 20.

[0025]

Now, although use of the above heat sound phenomena enables it to collect the exhaust heat (waste heat) of the internal-combustion engine 1 good, when putting the device using a heat sound phenomenon in practical use, it is necessary to also fully secure the silence and reliability at the time of generating the heat sound self-excited vibration of a working fluid, and obtaining output power of sound. That is, when obtaining output power of sound from a heat sound engine and the pressure amplitude of the self-excited vibration of a working fluid becomes large superfluously, the problem of noise and the problem that the pressure of a working fluid will approach resisting pressure limits, such as an air column pipe, and will reduce the endurance of an air column pipe etc. may arise. For this reason, in the heat sound engine 20 of this embodiment, the pressure amplitude control routine shown in drawing 2 is performed in order to maintain the pressure amplitude of the self-excited vibration of a working fluid in tolerance level.

[0026]

Repeat execution of the pressure amplitude control routine shown in drawing 2 is carried out by ECU40 every predetermined time. If ECU40 becomes the timing which performs a pressure amplitude control routine, it will compute pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration within the air column pipe 21 based on the signal sent from the pressure sensor 34 (S10, S12). In this case, ECU40 acquires the maximum pressure and minimum pressure of a working fluid which carry out self-excited vibration within the air column pipe 21 in S10 based on the signal from the pressure sensor 34, and calculates pressure amplitude P_0 of the working fluid in the air column pipe 21 from such maximum pressures and minimum pressure in S12.

[0027]

If pressure amplitude P_0 of the working fluid in the air column pipe 21 is calculated, it will be judged whether ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is determined beforehand (S14). Allowable pressure amplitude P_A used here is defined based on the permissible noise resulting from heat sound self-excited vibration, the resisting pressure limits of the air column pipe 21, or these both sides, and is beforehand stored in memory storage. And when it is judged that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14, pressure amplitude reduction processing in which pressure amplitude P_0 of the working fluid in the air column pipe 21 is decreased is performed (S16). According to this embodiment, any of the processings of following (1) – (4) or one or more are performed as pressure amplitude reduction processing of S16.

[0028]

(1) Mean-pressure fall processing

This mean-pressure fall processing decreases pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration by reducing the mean pressure of the working fluid in the air column pipe 21. In this case, if it judges that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14, Only predetermined time or the time according to the deviation of pressure amplitude P_0 and allowable pressure amplitude P_A makes the opening and closing valve 28 of the working-fluid pipe L4 open wide (S16). By this, since the working fluid in the air column pipe 21 is returned in the working-fluid storage tank 30 via the working-fluid pipe L4, the pressure (mean pressure) of the working fluid in the air column pipe 21 will decline.

[0029]

Mean-pressure P_m (the average value of the pressure of the working fluid which carries out self-excited vibration, i.e., the average with a maximum pressure and minimum pressure) and pressure amplitude P_0 of a working fluid which carry out self-excited vibration here, It has correlation as shown

in drawing 3, and if mean-pressure P_m falls, pressure amplitude P_0 will also decrease according to it. Therefore, it becomes possible by returning the working fluid in the air column pipe 21 in the working-fluid storage tank 30, and reducing the mean pressure of the working fluid in the air column pipe 21 to decrease pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration.

[0030]

(2) Resonance frequency change processing

This resonance frequency change processing decreases pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration by raising the resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21. In this case, if it judges that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14, the actuator 32 will be operated so that the move pipe 31 may move only the specified quantity towards the loop part 22 (S16). Since the pipeline length of the resonator constituted by the tube part 23a and the closed end part 23b is shortened by this and the resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21 increases, according to it, pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration will decrease.

[0031]

(3) Temperature gradient change processing

This temperature gradient change processing decreases pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration by making small the temperature gradient formed among the both ends of the heat accumulator 25 of the high-temperature-heat exchanger 26 and the low-temperature heat exchanger 27. In this case, if it judges that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14, The refrigerant introducing valve 14 provided in the cooling system L3 is controlled, and supply of the cooling water to the low-temperature heat exchanger (the heat exchanger tube) 27 is stopped, or the amount of supply of cooling water is decreased. By this, since the refrigeration capacity of the heat accumulator 25 by the low-temperature heat exchanger 27 will decline, pressure amplitude P_0 of the working fluid which the temperature gradient formed among the both ends of the heat accumulator 25 becomes small, and carries out self-excited vibration as a result will decrease.

[0032]

(4) Acoustic load change processing

This acoustic load change processing decreases pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration by carrying out the increase of the production of electricity (the amount of cold energy by the freezer concerned when the heat sound freezer is arranged at the loop part 22 grade) of transducer TD. In this case, if it judges that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14, a predetermined control signal will be given so that the production of electricity of transducer TD may be made to increase to the production-of-electricity controller 24 (S16). Thus, it becomes possible also by carrying out the increase of the load of the heat sound engine 20 to decrease pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration.

[0033]

Thus, if it becomes in the heat sound engine 20 more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is determined beforehand, in order to reduce pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration, (1) Any of mean-pressure fall processing, (2)

resonance–frequency change processing, (3) temperature–gradient change processing, and the (4) acoustic–load change processings or one or more are performed. Thereby, the pressure amplitude of heat sound self–excited vibration is always maintained in tolerance level, and it can control that the pressure amplitude of self–excited vibration becomes large superfluously. Therefore, in the heat sound engine 20, the noise at the time of generating the heat sound self–excited vibration of a working fluid, and obtaining output power of sound is controlled, and it becomes possible to make the resisting pressure burden of various components including the air column pipe 21 ease, and to raise endurance.

[0034]

In order to change the resonance frequency of a working fluid, the resonance portion of the air column pipe 21 may be constituted as shown in drawing 4. The resonance portion 23A of drawing 4 contains the movable chamber 23c arranged in the closed end part 23b which stands in a row in the tube part 23a and the tube part 23a, and the closed end part 23b. The movable chamber 23c is supported inside the closed end part 23b, enabling free rotation, and has the one opening 23d. Thereby, the channel formed between the inside of the movable chamber 23c, and the inner surface of the closed end part 23b and the outside surface of the movable chamber 23c opens each other for free passage via the opening 23d of the movable chamber 23c. And the movable chamber 23c is rotated by forward and backward directions inside the closed end part 23b by the driving means which is not illustrated via rack–and–pinion RP which consists of the rack R and the pinion P.

[0035]

Under such composition, the pipeline length of the resonator constituted by the tube part 23a, the closed end part 23b, and the movable chamber 23c can be changed by rotating the movable chamber 23c inside the closed end part 23b, and changing the position of the opening 23d. Therefore, even if it uses the resonance portion 23A of drawing 8, it becomes possible to raise the resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21, and to decrease pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self–excited vibration.

[0036]

[A 2nd embodiment]

Hereafter, the heat sound engine of the internal–combustion engine concerning a 2nd embodiment of this invention is explained, referring to drawing 5 – drawing 7. The same reference mark is given to the same element as what was explained in relation to a 1st above–mentioned embodiment, and the overlapping explanation is omitted.

[0037]

The heat sound engine 20A shown in drawing 5 also has the same composition fundamentally with the heat sound engine 20 of a 1st embodiment. It is applied to the internal–combustion engine 1 which burns the gaseous mixture of fuel and air inside the combustion chamber 3 formed in the cylinder block 2, carries out reciprocation moving of the piston 4 in the combustion chamber 3, and generates power. In this heat sound engine 20A, the mixed gas of helium and argon is used as a working fluid. And the heat sound engine 20A is constituted so that the mixture ratio of helium and argon in the working fluid which is mixed gas of helium and argon can be changed.

[0038]

That is, the fluid decollator 50 is connected to the air column pipe 21 (this embodiment tube part 23a) of the heat sound engine 20 via the working–fluid collection pipe L5 which has the pump 35 which can suck out a working fluid and the working–fluid introduction valve (opening and closing valve) 36 in the air column pipe 21. This fluid decollator 50 is provided with the following.

The container 51 which can store a fluid in an inside.

The demarcation membrane 52 which divides the building envelope of the container 51 into the two fluid reservoir rooms 51A and 51H.

[0039]

The above-mentioned working-fluid collection pipe L5 is connected to one fluid reservoir room 51A of the container 51. And this fluid reservoir room 51A is connected with the air column pipe 21 (this embodiment tube part 23a) via fluid introducing pipe L6 which has the 1st supply valve (opening and closing valve) 53. The fluid reservoir room 51H of another side of the container 51 is connected with the air column pipe 21 (this embodiment tube part 23a) via the fluid introducing pipe L7 which has the 2nd supply valve (opening and closing valve) 54. The above-mentioned pump 35, the working-fluid introduction valve 36, and the 1st and 2nd supply valves 53 and 54 are connected to the input/output port of ECU40, respectively, and these are controlled by ECU40. And these pumps 35, the working-fluid introduction valve 36, the working-fluid collection pipe L5, the fluid decollator 50, the 1st and 2nd supply valves 53 and 54, fluid introducing pipe L6, and L7 function as a means to change the mixture ratio of helium in the working fluid in the air column pipe 21, and argon.

[0040]

The demarcation membrane 52 into which the inside of the container 51 is divided can pass only helium in a working fluid, and can be made to separate from argon. this embodiment -- as the demarcation membrane 52 -- polyimide, cellulose acetate, and poly -- a null -- the film of the porosity nature formed of FEN, polyamide, polyether imide, etc. is adopted. While the demarcation membrane 52 formed of any of such materials they are regulates passage of argon (molecular weight 40) whose molecular weight is comparatively large, it permits passage of helium (molecular weight 4) with a small molecular weight compared with argon. As the demarcation membrane 52, it has many about 0.3-1.0-nm minute holes, and the porous glass hollow fiber film which can be condensed about 500 times may be adopted to nitrogen in helium.

[0041]

Also in the heat sound engine 20A constituted in this way, the pressure amplitude control routine of drawing 2 explained by ECU40 in relation to a 1st embodiment is performed in order to maintain the pressure amplitude of the self-excited vibration of a working fluid in tolerance level. And when it is judged that it is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration within the air column pipe 21 is beforehand determined in the heat sound engine 20A, As pressure amplitude reduction processing for decreasing pressure amplitude P_0 , mixture ratio change processing shown in drawing 6 may be performed.

[0042]

The mixture ratio change processing shown in drawing 6 decreases pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration by changing the mixture ratio of helium and argon in the working fluid in the air column pipe 21. In this case, if it judges that ECU40 is more than allowable pressure amplitude P_A as which pressure amplitude P_0 is beforehand determined in S14,

The working-fluid introduction valve 36 of the working-fluid collection pipe L5 is made to open wide, and (S20) only predetermined time operates the pump 35 of the working-fluid collection pipe L5 (S22). And when only predetermined time operates the pump 35, ECU40, the 1st supply valve (Ar supply valve) 53 of fluid introducing pipe L6 that connects the tube part 23a of the air column pipe 21 and the fluid reservoir room 51A which stores argon is closed -- making (it maintains to eyelid completely closure). Only the time according to pressure amplitude P_0 which acquired the 2nd supply valve (helium supply valve) 54 of the fluid introducing pipe L7 which connects the tube part 23a of the air column pipe 21 and the fluid reservoir room 51H which stores helium by predetermined time or S12 is made to open wide (S24).

[0043]

Here, between the ratio of argon in a working fluid, and the resonance frequency of the working fluid which carries out self-excited vibration, the more correlation as shown in drawing 7 is accepted and

the ratio of argon in a working fluid falls, the more the resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21 will increase. By the mixture ratio change processing (S24) of drawing 6 therefore, by carrying out specified quantity introduction of the helium (accepting it) inside the air column pipe 21 from the fluid decollator 50 (fluid reservoir room 51H) via fluid introducing pipe L6, The resonance frequency of the working fluid in the air column pipe 21 can be raised, and pressure amplitude P_0 of the working fluid which carries out self-excited vibration can be decreased.

[0044]

As a result, it can control that always maintain the pressure amplitude of heat sound self-excited vibration in tolerance level, and the pressure amplitude of self-excited vibration becomes large superfluously also with the heat sound engine 20A concerning a 2nd embodiment. Therefore, also in the heat sound engine 20A, the noise at the time of generating the heat sound self-excited vibration of a working fluid, and obtaining output power of sound is controlled, and it becomes possible to make the resisting pressure burden of various components including the air column pipe 21 ease, and to raise endurance. In the heat sound engine 20A concerning a 2nd embodiment, it cannot be overemphasized that the temperature gradient change processing and acoustic load change processing which were explained in relation to a 1st embodiment may be performed.

[Brief Description of the Drawings]

[0045]

[Drawing 1] It is an outline lineblock diagram showing a 1st embodiment of the heat sound engine by this invention.

[Drawing 2] It is a flow chart for explaining the procedure which controls the pressure amplitude of a working fluid in the heat sound engine of drawing 1.

[Drawing 3] It is a graph which illustrates correlation with the mean pressure of a working fluid and pressure amplitude which carry out self-excited vibration within an air column pipe.

[Drawing 4] It is a mimetic diagram which illustrates other composition for changing the resonance frequency of the working fluid in an air column pipe.

[Drawing 5] It is an outline lineblock diagram showing a 2nd embodiment of the heat sound engine by this invention.

[Drawing 6] It is a flow chart for explaining the procedure of changing the mixture ratio of a working fluid in the heat sound engine of drawing 5.

[Drawing 7] It is a graph which illustrates correlation with the ratio of argon and the resonance frequency of a working fluid in the working fluid in an air column pipe.

[Description of Notations]

[0046]

- 1 Internal-combustion engine
- 14 Refrigerant introducing valve
- 20 20A Heat sound engine
- 21 Air column pipe
- 22 Loop part
- 23 23A Resonance portion
- 23a Tube part
- 23b Closed end part
- 23c Movable chamber
- 23 d Opening
- 24 Production-of-electricity controller
- 25 Heat accumulator
- 26 High-temperature-heat exchanger
- 27 Low-temperature heat exchanger

28 and 33 Opening and closing valve
 29 and 35 Pump
 30 Working-fluid storage tank
 31 Move pipe
 32 Actuator
 34 Pressure sensor
 36 Working-fluid introduction valve
 50 Fluid decollator
 51 Container
 51A and 51H Fluid reservoir room
 52 Demarcation membrane
 53 The 1st supply valve
 54 The 2nd supply valve
 L1 Feed pipe
 L2 Exhaust pipe
 L3 Cooling system
 L4 Working-fluid pipe
 L5 Working-fluid collection pipe
 L6 and L7 Fluid introducing pipe
 RP Rack and pinion
 TD Transducer

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[0045]

[Drawing 1] It is an outline lineblock diagram showing a 1st embodiment of the heat sound engine by this invention.

[Drawing 2] It is a flow chart for explaining the procedure which controls the pressure amplitude of a working fluid in the heat sound engine of drawing 1.

[Drawing 3] It is a graph which illustrates correlation with the mean pressure of a working fluid and pressure amplitude which carry out self-excited vibration within an air column pipe.

[Drawing 4] It is a mimetic diagram which illustrates other composition for changing the resonance frequency of the working fluid in an air column pipe.

[Drawing 5] It is an outline lineblock diagram showing a 2nd embodiment of the heat sound engine by this invention.

[Drawing 6] It is a flow chart for explaining the procedure of changing the mixture ratio of a working fluid in the heat sound engine of drawing 5.

[Drawing 7] It is a graph which illustrates correlation with the ratio of argon and the resonance frequency of a working fluid in the working fluid in an air column pipe.

[Translation done.]